

EFC du Nozon

Commune d'Orbe

NOZON TRAVAUX D'AMENAGEMENT

Etude hydrogéologique préliminaire

Rapport n° 1670-RA-01

Le 23 janvier 2019

TABLE DES MATIERES

	<u>PAGE</u>
1 INTRODUCTION	1
2 PRINCIPES DE REALISATION DU PROJET	1
3 CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE.....	3
3.1 Contexte géologique	3
3.2 Contexte hydrogéologique	6
3.3 Echanges nappe-Nozon.....	8
3.4 Protection des eaux	10
4 IMPLICATIONS HYDROGEOLOGIQUES DES TRAVAUX	11
4.1 Situation hydrogéologique locale aux abords du Nozon	11
4.2 Evaluation locale des travaux projetés	13
4.2.1 Section A.....	14
4.2.2 Section B.....	16
4.2.3 Section C.....	17
4.2.4 Section D.....	18
4.3 Ouvrages annexes.....	20
4.4 Exploitation de la nappe pour l'eau potable.....	20
4.5 Exploitation de la nappe pour l'arrosage.....	20
5 OBSERVATIONS - RECOMMANDATIONS	21
6 CONCLUSIONS	23

1 INTRODUCTION

Dans le cadre du projet d'aménagement du cours du Nozon, sur environ 2.7 km avant son débouché dans celui du Talent, il est apparu que les travaux projetés pourraient éventuellement avoir une incidence sur les eaux souterraines, sur les conditions de leur protection naturelle, voire sur les relations hydrauliques potentielles entre les eaux superficielles et les eaux souterraines.

Afin d'évaluer les modifications pouvant être induites par les travaux projetés, la Division eaux souterraines de la DGE-EAU a demandé à ce qu'un avis hydrogéologique préalable soit établi et que les mesures de protection potentiellement nécessaires soit définies, ainsi que les conditions d'un éventuel suivi hydrogéologique de leur réalisation.

Le présent rapport hydrogéologique, basé sur les données du projet qui nous ont été communiquées, ainsi que sur les éléments existants concernant le contexte géologique et hydrogéologique local, a été établi pour répondre à cette demande.

2 PRINCIPES DE REALISATION DU PROJET

Le projet d'aménagement du Nozon pris en compte dans le cadre du présent avis hydrogéologique concerne un tronçon du cours d'eau d'environ 2.7 km, tronçon situé entre la confluence avec le Talent à l'aval (coordonnées moyennes 2'532'778 – 1'175'895, altitude moyenne 435.7 m) et un point situé en bordure est de la parcelle 304 d'Orbe à l'amont (coordonnées moyennes 2'531'397 – 1'173'735, altitude moyenne 438.3 m)

Globalement, le projet prévoit :

- le maintien du lit mineur sur la majorité du tracé,
- un léger déplacement (environ 1.00 à 1.50 m) du lit mineur, qui fait environ 5m de large, sur quelques centaines de mètres dans la moitié amont du projet,
- un rehaussement de la digue rive droite,
- un déplacement/rehaussement de la digue rive gauche avec création d'un lit majeur avec différents niveaux et degrés d'inondabilité, localement avec des bras secondaires.

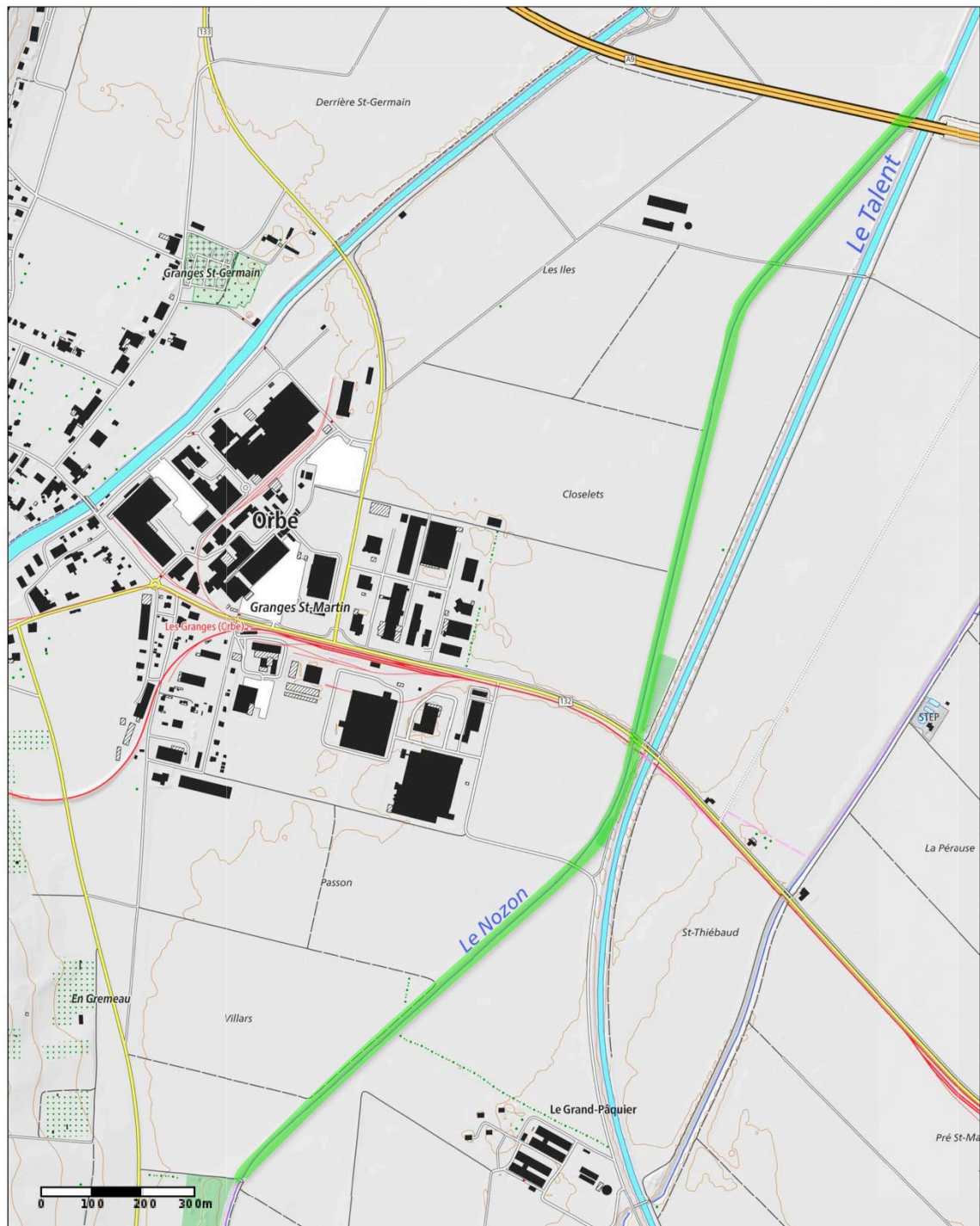


Figure 1 Situation de la zone d'étude, le tronçon du Nozon concerné par les travaux d'aménagement est surligné en vert.

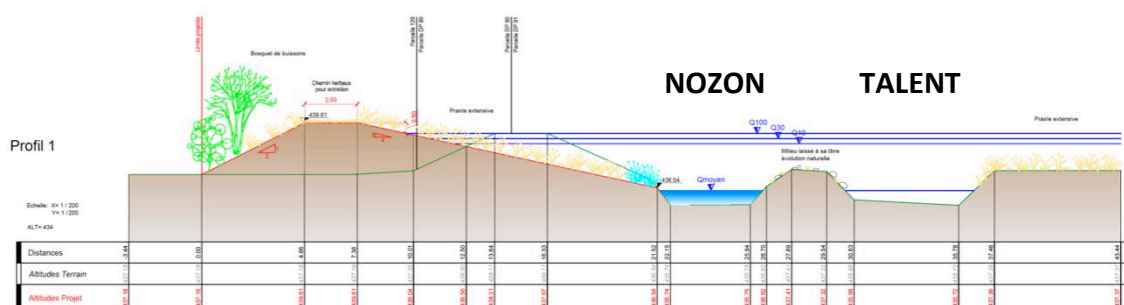


Figure 2 Coupe type des travaux projetés sur le cours du Nozon à hauteur de la zone de raccordement avec le Talent (topographie existante en vert et du projet en rouge), montrant le déplacement et le rehaussement de la digue en rive gauche.

3 CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

3.1 Contexte géologique

Du point de vue géologique, le site concerné par les travaux d'aménagement du Nozon se trouve dans un secteur où le substratum rocheux est constitué par les **calcaires du Crétacé** inférieur (Secondaire, Hauterivien-Barrémien), qui affleurent à l'ouest sous la ville d'Orbe et forment l'ossature de la chaîne jurassienne (**figure 3**, surfaces vertes).

Ces calcaires sont recouverts à l'ouest et à l'est d'Orbe par des **dépôts molassiques** (Tertiaire, Chattien), essentiellement marneux (**figure 2**, surfaces brunes), mais qui se développent surtout à l'est de la plaine de l'Orbe.

Si ces 2 types de dépôts géologiques sont affleurants sur une grande partie de l'agglomération d'Orbe, ils sont progressivement recouverts de **dépôts meubles de type morainique** sur le reste du territoire, essentiellement des matériaux de type "moraine de fond" (**figure 3**, surfaces jaunes).

Pour ce qui concerne la **plaine de l'Orbe**, à une altitude moyenne d'environ 440 m, elle correspond à un ancien prolongement méridional du lac de Neuchâtel qui s'est étendu jusqu'au pied du Mormont. Les matériaux que l'on retrouve dans la plaine sont donc en grande partie de type lacustre et donc fins, mais on retrouve également des matériaux plus grossiers (graviers, sables), en relation notamment avec les cônes de déjection des différents cours d'eau qui se sont déversés ou qui se déversent encore depuis les bordures latérales de la plaine. Ces cônes d'alluvions peuvent s'insérer plus ou moins profondément, verticalement et horizontalement, dans les alluvions plus fines.

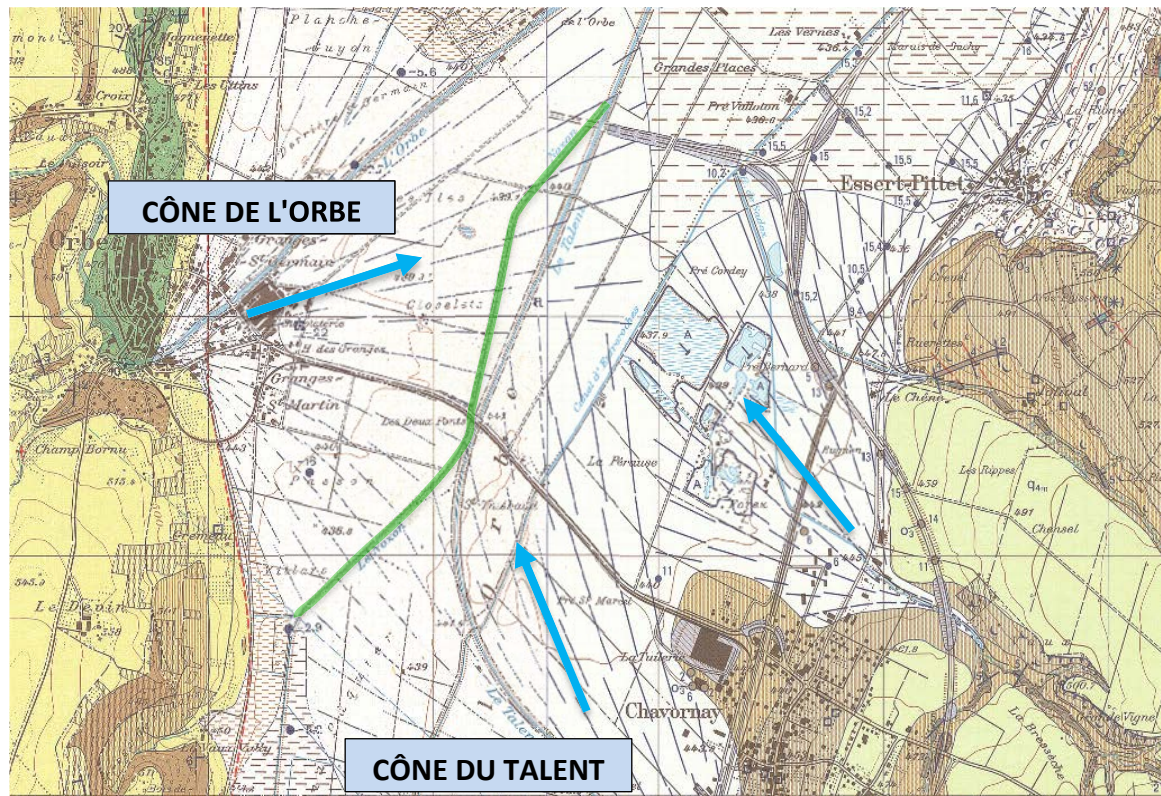


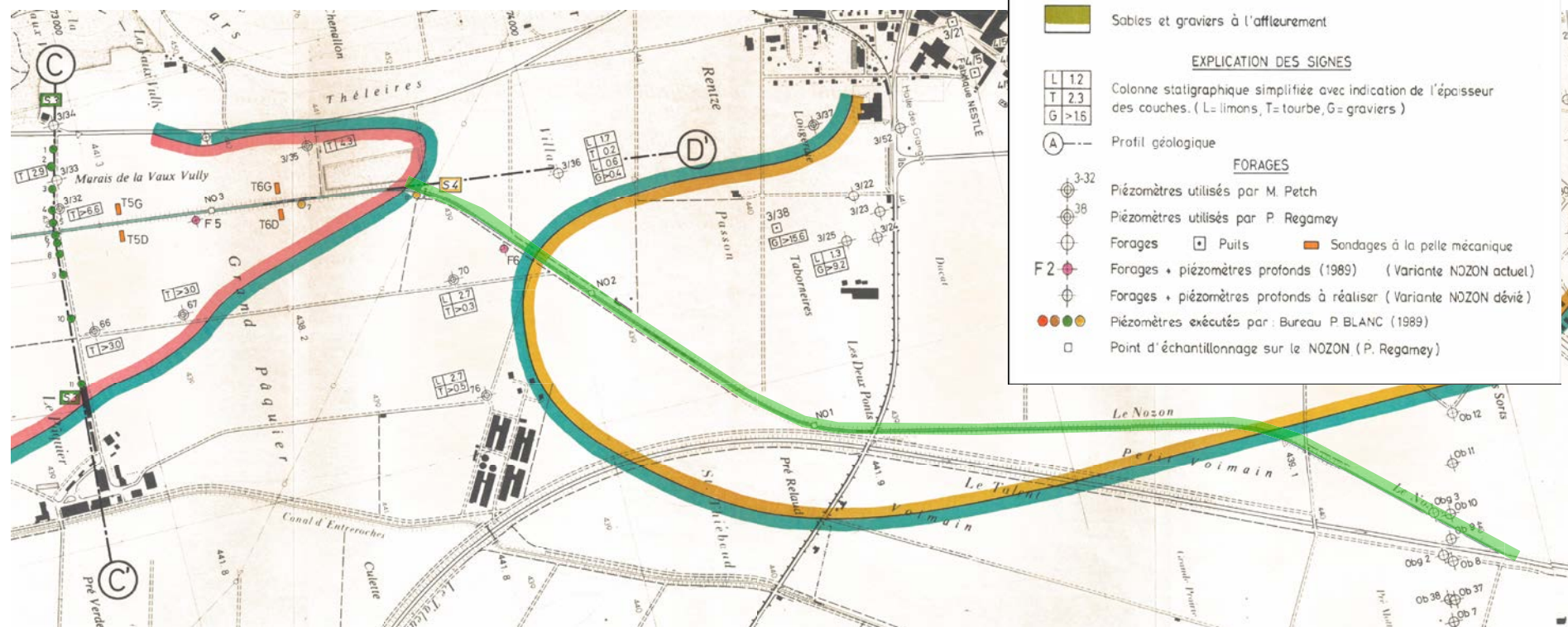
Figure 3 : Extrait de la carte géologique au 1:25'000 de l'Atlas géologique de la Suisse (feuille 42, levé géologique D. Aubert et M. Dreyfuss, 1963), montrant les affleurements du substratum rocheux calcaire (vert) et molassique (brun), ainsi que les cônes d'alluvions dans la plaine de l'Orbe. Le tracé du Nozon qui doit faire l'objet d'un aménagement est surligné en vert.

Les relevés effectués dans le cadre d'un premier aménagement du Nozon, sur un tronçon situé entre Orny et les abords d'Orbe (P. Blanc, 1990) ont permis d'identifier dans les grandes lignes, la nature des terrains de couverture dans les premiers mètres du sous-sol.

La cartographie synthétique de ces données (**figure 4**) conduit à démontrer que l'essentiel du tronçon à l'étude actuellement est constitué de matériaux plutôt sableux et graveleux sous une couche limoneuse plus ou moins continue. D'après les données des quelques sondages existants, l'épaisseur de cette dernière peut être estimée comme variant entre 1.5 m et 3.0 m.

Pour l'extrémité amont du tronçon, les données géologiques consultées montrent la présence de tourbes superposées aux limons, mais affectant à priori une épaisseur assez réduite.

Figure 4 : Extrait de l'annexe n° 88439-1 figurant dans le rapport hydrogéologique P. Blanc de septembre 1990, concernant l'aménagement du Nozon depuis Orny jusqu'aux abords d'Orbe. En vert le tracé du Nozon concerné par le projet d'aménagement de 2018



3.2 Contexte hydrogéologique

Du point de vue de l'hydrogéologie, la région d'Orbe est assez bien connue, puisqu'ayant fait l'objet de nombreuses études. On peut notamment citer la thèse de M. Petch (Contribution à l'étude hydrogéologique de la plaine de l'Orbe, 1970), qui l'a conduit à analyser l'ensemble du contexte hydrogéologique de la plaine de l'Orbe du point de vue de son bassin d'alimentation, de ses caractéristiques géologiques et de son hydrodynamique.

Plus spécifiquement pour le cône de l'Orbe, une étude plus récente s'est attachée à évaluer les ressources en eau souterraine, en vue d'une valorisation thermique et pour l'alimentation en eau potable (Impact-Concept SA, 2012).

D'autres études hydrogéologiques ont également été réalisées pour des objets particuliers :

- étude hydrogéologique pour la délimitation des zones de protection des puits Nestlé et Linor, propriété de la société Nestlé (P. Blanc, 1987),
- étude hydrogéologique pour la délimitation des zones de protection du puits des EPO ou puits St-Germain, propriété de la commune d'Orbe (P. Blanc, 1990),
- étude hydrogéologique du réaménagement du cours du Nozon (P. Blanc, 1990),
- étude hydrogéologique pour la délimitation des zones de protection du puits La Motte, propriété de la société Nestlé (P. Blanc, 1997),
- rapport hydrogéologique de faisabilité pour l'exploitation thermique des eaux souterraines au technopôle des Ducats, (Impact-Concept SA, 2004).

D'un point de vue hydrogéologique, les terrains constituant le sous-sol peuvent être soit **aquifères** et donc stocker et laisser circuler des eaux souterraines, soit **aquicludes** et donc relativement imperméables à l'eau. Une situation intermédiaire correspond aux matériaux dits **aquitards**, qui représente une formation contenant une quantité non négligeable d'eau, mais qui ne peut être récupérée de manière rentable. Le terme d'aquitard est également utilisé pour les formations dites semi-perméables, qui participent au drainage vertical de formations encaissantes supposées plus perméables.

Pour la région d'Orbe, les aquifères potentiels sont essentiellement liés aux dépôts calcaires du Crétacé et aux alluvions grossières du cône de l'Orbe. Les aquicludes sont représentés par la molasse chatienne, essentiellement marneuse et les dépôts lacustres les plus fins. Les aquitards se retrouvent au sein du remplissage de la plaine de l'Orbe, dans la masse de dépôts à dominante lacustre, et peuvent donc conduire théoriquement à des échanges verticaux entre aquifères.

Dans le cadre de l'établissement du rapport hydrogéologique pour la délimitation des zones de protection des puits Nestlé et Linor (P. Blanc, 1987), une coupe hydrogéologique locale avait été établie entre la partie amont de l'aquifère du cône de l'Orbe et l'usine Nestlé, qui montrait la disposition des horizons géologiques tels que mis en évidence par les quelques points d'investigation à disposition, identifiant la partie aquifère (**figure 5**).

Si cette coupe de principe reste globalement valable, les forages réalisés depuis dans la région d'Orbe ont démontré que l'épaisseur des graviers aquifères pouvait être localement beaucoup plus importante.

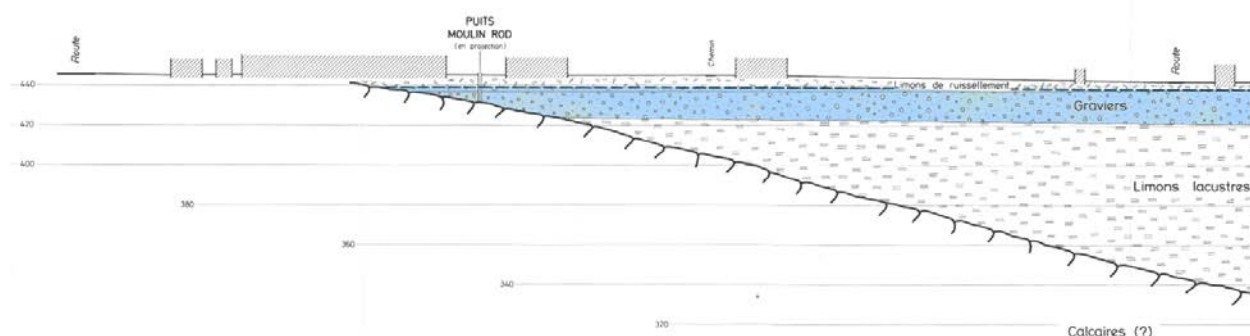


Figure 5 : Coupe hydrogéologique OSO-ENE du cône de l'Orbe entre le site des Moulins et le site de l'usine Nestlé (rapport P. Blanc n° 85203 du 20.02.1987, annexe n° 2). Les limons lacustres supportent un aquifère graveleux, protégés de la surface du sol par la présence d'un horizon également limoneux.

Ainsi, le cône de gravier d'Orbe forme une énorme lentille perméable enrobée de sédiments plus fins, beaucoup moins perméables. Dans les graviers, la structure des dépôts et la taille de leurs éléments se traduisent par de fortes variations de la perméabilité moyenne comprise entre 10^{-2} et 10^{-5} m/s. La faible perméabilité des limons de surface ($k = 10^{-8}$ à 10^{-11} m/s) joue le plus souvent un rôle protecteur important sur les graviers et conduit localement à rendre l'aquifère légèrement captif.

Le cours du Nozon, dans le tronçon retenu dans le cadre de cette étude, se situe sur la bordure externe du cône de l'Orbe.

Du fait de son extension et de son alimentation, au moins partiellement par les calcaires sous-jacents, l'aquifère du cône de l'Orbe est exploité depuis de nombreuses années. Parmi les ouvrages de pompage recensés dans les environs d'Orbe, on peut citer les ouvrages suivants :

- le puits St-Germain (concession 5'000 l/min), situé à proximité des EPO (Etablissements de la plaine de l'Orbe) et qui alimente la commune d'Orbe en eau potable;
- le puits La Motte (concession 10'000 l/min), créé en 1997 et qui alimente le site Nestlé;
- les puits Linor (concession 4'000 l/min) et Nestlé (concession 2'500 l/min), abandonnés depuis la mise en service du puits La Motte;
- le puits des Moulins Rod (concession 300 l/min), situé dans le périmètre de la minoterie et qui n'est plus utilisée depuis de nombreuses années;
- un puits privé destiné à alimenter une pompe à chaleur (PAC) dans la zone industrielle des Ducats, parcelle 2687 d'Orbe (concession 1'000 l/min), mais toujours pas en activité à ce jour;
- un puits privé destiné à alimenter une PAC sur la parcelle 321 d'Orbe, propriété de la famille Basset (concession 40 l/min).

Actuellement, les puits St-Germain et La Motte constituent les seuls points publics de prélèvement importants à la nappe, recensés dans le cône de l'Orbe et encore en exploitation.

On peut toutefois noter ici l'existence de plusieurs puits de pompage à environ 2 km au SE du site des Moulins (commune de Chavornay, parcelle 367) et exploités à des fins agricoles (concession 3'900 l/min), mais qui sont à priori déconnectés du cône de l'Orbe.

Selon les informations qui nous ont été communiquée dans le cadre de ce travail, **un projet de puits de pompage pour de l'arrosage est également à l'étude actuellement à proximité immédiate de la zone d'étude**, qui prévoit des sondages de reconnaissance, des puits et des tests hydrauliques sur 2 sites situés de part et d'autre du cours du Nozon (**annexe n° 1670-1**, parcelles 186, 212 et 213 d'Orbe). Les débits visés sont de l'ordre de 1'000 l/min pour chacun des 2 sites, avec une utilisation à priori intermittente durant les phases d'exploitation. La position de ces futurs puits et les débits souhaités devraient conduire à modifier l'hydrodynamique de la nappe jusqu'aux abords du Nozon.

3.3 Echanges nappe-Nozon

La zone concernée par le projet d'aménagement actuel du Nozon n'est pas spécifiquement documentée du point de vue de l'existence d'échanges potentiels entre le cours du Nozon et les eaux souterraines.

L'étude de 1990 concernant l'aménagement de la partie amont du Nozon, située entre la région d'Orny et les abords d'Orbe, avait toutefois souligné des échanges assez nets et impliquant des apports du Nozon vers la nappe superficielle (**figure 6**) :

Une analyse conjointe des données pluviométriques (relevées à la station de Chavornay), des mesures de niveau du Nozon, et des cotes piézométriques de la nappe (annexe 88439-18), met en évidence d'une part un temps de réponse relativement court du Nozon vis-à-vis des précipitations, puisqu'inférieur à 24 heures, et d'autre part un effet très net d'alimentation de la nappe par le Nozon. En effet, comme le montrent très nettement les profils piézométriques transverses, l'eau du Nozon s'écoule per descensum pour alimenter la nappe sous-jacente, et lors des crues, lorsque le niveau de ce cours d'eau est à son maximum, il vient se déverser dans les champs qui le bordent (par exemple entre le ruisseau des Vaux et celui du Grand Pâquier), ce phénomène résultant pour partie de la perte d'étanchéité de la digue, qui ne forme plus un écran continu entre le Nozon et la nappe. A noter qu'à ce phénomène peut se surimposer un rôle d'écran joué par la digue vis-à-vis des écoulements au sein de la nappe; cette dernière venant "buter" contre la digue sur sa face externe.

3.4 Protection des eaux

Le tronçon du Nozon concerné par les travaux de réaménagement est en totalité dans le périmètre d'un secteur A_u de protection des eaux (**figure 7**).

Selon les "Instructions pratiques pour la protection des eaux souterraines" (OFEFP, 2004) : *le secteur A_u de protection des eaux sert à la protection générale des eaux souterraines, aussi bien sur le plan quantitatif que sur le plan qualitatif. Il comprend les nappes d'eaux souterraines exploitables, ainsi que les zones attenantes nécessaires à leur protection.*

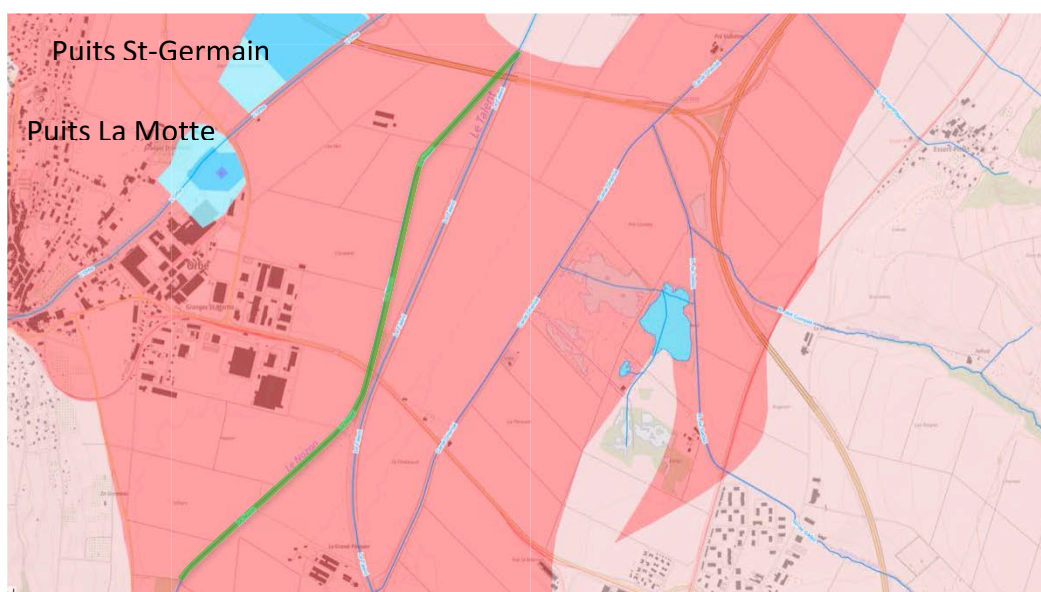


Figure 7 : Carte des secteurs et zones protection des eaux (rose clair = secteur üB, rose foncé = secteur A_u, bleu = zones S) et situation du tronçon du Nozon à réaménager (surligné en vert).

Dans un secteur A_u, les constructions et installations doivent notamment être construites au-dessus du niveau piézométrique moyen des nappes d'eaux souterraines. Les autorités cantonales pouvant déroger à ce principe, à condition que la capacité d'écoulement naturelle des aquifères ne soit pas réduite de plus de 10% (annexe 4, ch. 211, al. 2, OEaux).

Le fait de se situer sur une zone aquifère et d'envisager des terrassements ou des constructions en sous-sol conduit donc à prendre en compte cet aspect, afin d'éviter dans la mesure du possible de toucher la surface de la nappe ou, le cas échéant, de caractériser les impacts éventuels du projet sur l'hydrodynamique locale et définir les mesures constructives à prendre.

4 IMPLICATIONS HYDROGÉOLOGIQUES DES TRAVAUX

4.1 Situation hydrogéologique locale aux abords du Nozon

Si le contexte géologique général de la plaine de l'Orbe est relativement bien appréhendé au travers des études qui ont pu y être réalisées (voir les chapitres précédents), ainsi que des sondages effectués pour des reconnaissances diverses et variées (géotechnique, géothermique, hydrogéologique, ...), il demeure des incertitudes quant à certains aspects du fonctionnement des aquifères (piézométrie, hydrodynamique, ...), y compris et surtout pour les plus profonds, identifiés assez récemment et ponctuellement au travers de quelques forages seulement.

Dans le cadre de l'étude de 1990 sur l'aménagement du Nozon dans sa partie amont, entre Orny et les abords d'Orbe, les investigations avaient souligné l'existence d'apports du cours d'eau vers la nappe superficielle liée aux dépôts de tourbe. Si la transposition de ces résultats peut être effectuée pour la partie la plus à l'amont du tronçon du Nozon à l'étude ici, soit plus ou moins sur les 300 premiers mètres pour lesquels il y a encore des dépôts de tourbe sous une faible couverture limoneuse (**figure 4**), elle ne l'est pas forcément pour le reste. Le cours du Nozon s'éloigne en effet du versant ouest de la plaine de l'Orbe et entre dans le périmètre du cône alluvionnaire de l'Orbe, pour lequel le sous-sol est composé de matériaux plutôt graveleux, recouverts de limons de surface peu perméables (forage F1, **annexe n° 1670-3.6**).

Si les échanges hydrauliques potentiels entre cours d'eau et aquifère ne sont pas documentés pour cette partie du Nozon, les diverses investigations qui ont été réalisées dans cette zone et les divers ouvrages d'exploitation des eaux souterraines qui ont pu y être implantés permettent de fournir quelques éléments de réponse.

On peut notamment se baser sur les informations collectées dans le cadre de l'analyse hydrogéologique du cône de l'Orbe réalisée entre 2011 et 2012 (Impact-Concept SA, 2012) et qui permettent de disposer de coupes géologiques et d'une dizaine de mesures piézométriques pour les quelques points recensés à proximité de la zone d'étude (**annexes n° 1670-1 et 2**, sondages S1, S2, S4, S6, S8 et F2). Les relevés effectués en janvier 2019 ont permis de contrôler que tous les sondages réalisés en 2011 et situés à proximité du Nozon étaient encore opérationnels.

Pour ce qui concerne la présente étude, il est ainsi important de retenir :

- la présence le plus souvent de terrains limoneux en surface, dont la faible perméabilité protège la ressource en eau souterraine et conduit même localement à la rendre légèrement captive (eau présentant localement un caractère réduit),
- une profondeur du niveau piézométrique localement de 1 à 2 m, mais plus généralement de 3 à 5 m, selon le point considéré (**figure 8**) et l'altitude du sol (pas de nivellement topographique par un géomètre),
- un battement de la nappe de l'ordre de 1 à 2m (**figure 8**),

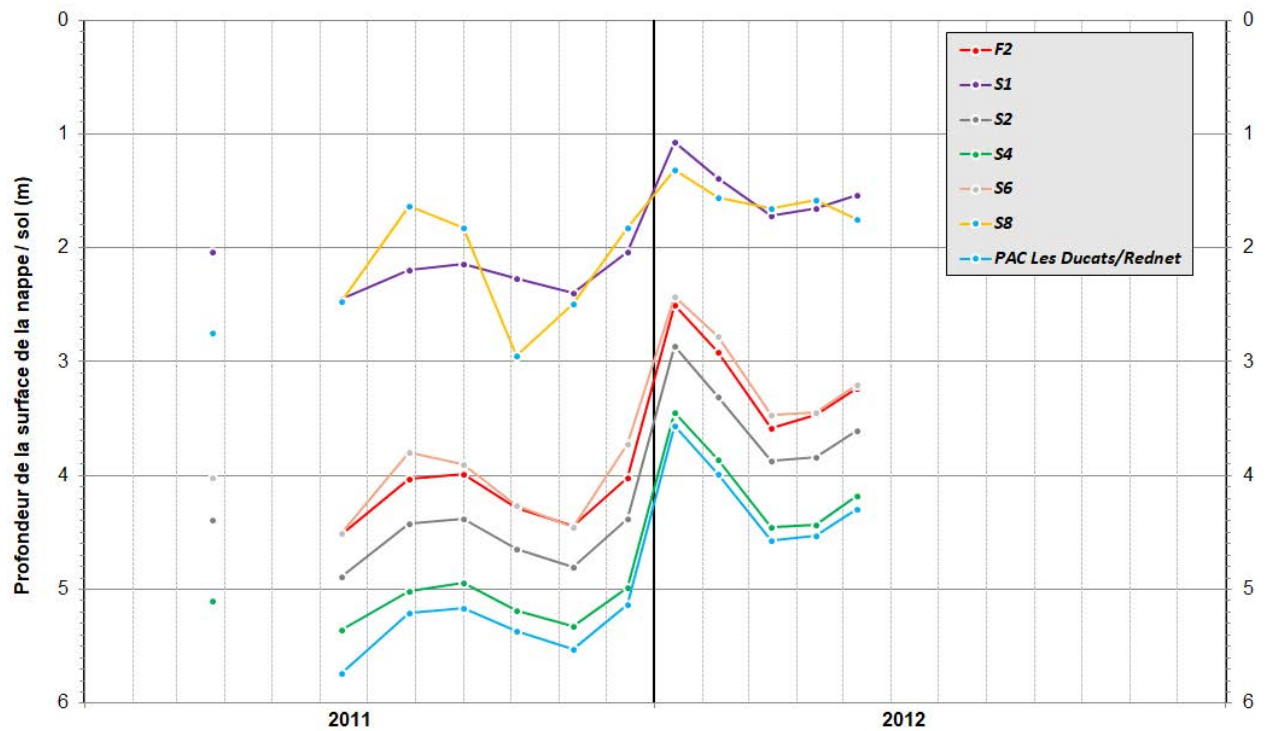


Figure 8 : Profondeur des niveaux piézométriques mesurés de 2011 à 2012 sur les sondages réalisés en 2011 dans le cadre de l'étude hydrogéologique du cône de l'Orbe.

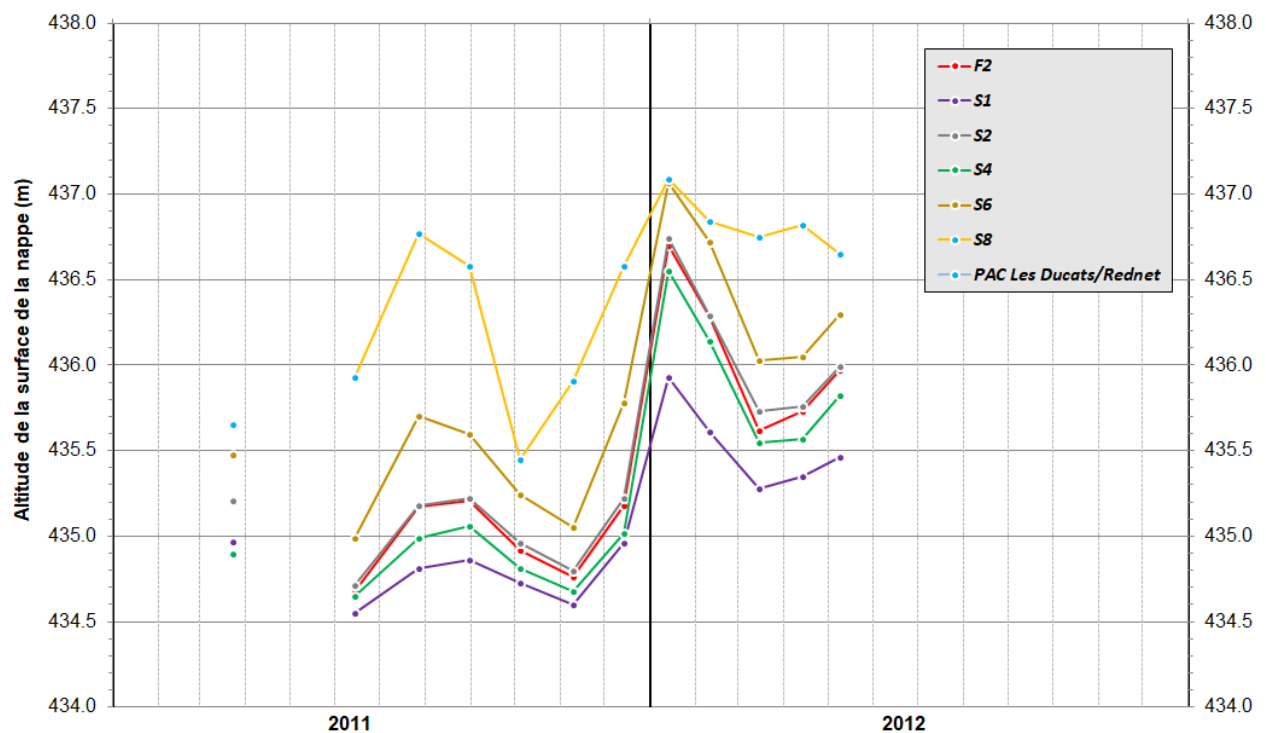


Figure 9 : Altitude des niveaux piézométriques mesurés de 2011 à 2012 sur les sondages réalisés en 2011 dans le cadre de l'étude hydrogéologique du cône de l'Orbe (réf. altimétrique selon <https://map.geo.admin.ch>).

4.2 Evaluation locale des travaux projetés

Les travaux projetés pour l'aménagement du cours du Nozon vont principalement impliquer :

1. des excavations pour l'élargissement du lit du cours d'eau et/ou la création de bras secondaire,
2. le déplacement et/ou le rehaussement des digues existantes (rive gauche et rive droite) pour contenir les crues de temps de retour élevés.

S'agissant de terrassements superficiels, ils seront réalisés à l'aide de pelles mécaniques.

Selon les profils considérés, les excavations projetées vont donc conduire à supprimer localement les terrains de couverture, pour les réutiliser localement au niveau des nouvelles digues réhaussées.

Les impacts qui pourraient découler des travaux projetés pour le réaménagement du Nozon vont découler principalement des excavations qui seront réalisées pour déplacer et/ou élargir le cours du Nozon. **La suppression d'une partie des terrains de couverture pourrait, pour autant que les terrains soient suffisamment perméables, conduire localement à modifier les échanges hydrauliques potentiels entre les eaux de surface et les eaux souterraines.**

Pour les nouvelles digues, l'ajout de terrains en surface conduira à améliorer la protection naturelle de la nappe vis-à-vis des infiltrations.

Afin d'identifier les modifications apportées à la situation initiale et donc les impacts éventuels qui pourraient être apportés sur les échanges potentiels entre le cours du Nozon et la nappe d'eau souterraine, nous avons repris les profils du projet depuis le nord (profil 1) vers le sud (profil 14) et analysé les principales modifications apportées.

A noter toutefois :

- la réalisation de 2 petits massifs en béton à l'extrémité aval du Nozon, destinés à servir d'appui à un batardeau à poser en travers du cours d'eau lors des travaux d'entretien,
- la réfection du pont n° 1 (à l'amont du profil 4).

Selon les informations qui nous ont été communiquées, ces 2 ouvrages impliqueront la création de petites enceintes étanches de part et d'autre du Nozon.

4.2.1 Section A

La **section A** est à l'amont du tronçon considérée et a été globalement délimitée du profil 1 jusqu'entre les profils 6 et 7 (**annexe n° 1670-2**).

Pour cette section, nous avons considéré le profil 1 comme spécifique (**figure 10**), car il ne comporte qu'un léger déplacement et un rehaussement de la digue en rive gauche du Nozon. Ce déplacement va conduire à excaver la digue existante sur une hauteur d'environ 1.4 m et donc à diminuer l'épaisseur des terrains sur la zone correspondante. La position de la nappe par rapport à cette zone a été établie sur la base des niveaux d'eau observés au sondage S1 (**annexes 1670-2 et 3.1**) et indique que les hautes eaux devraient se situer nettement sous la base des terrassements envisagés.

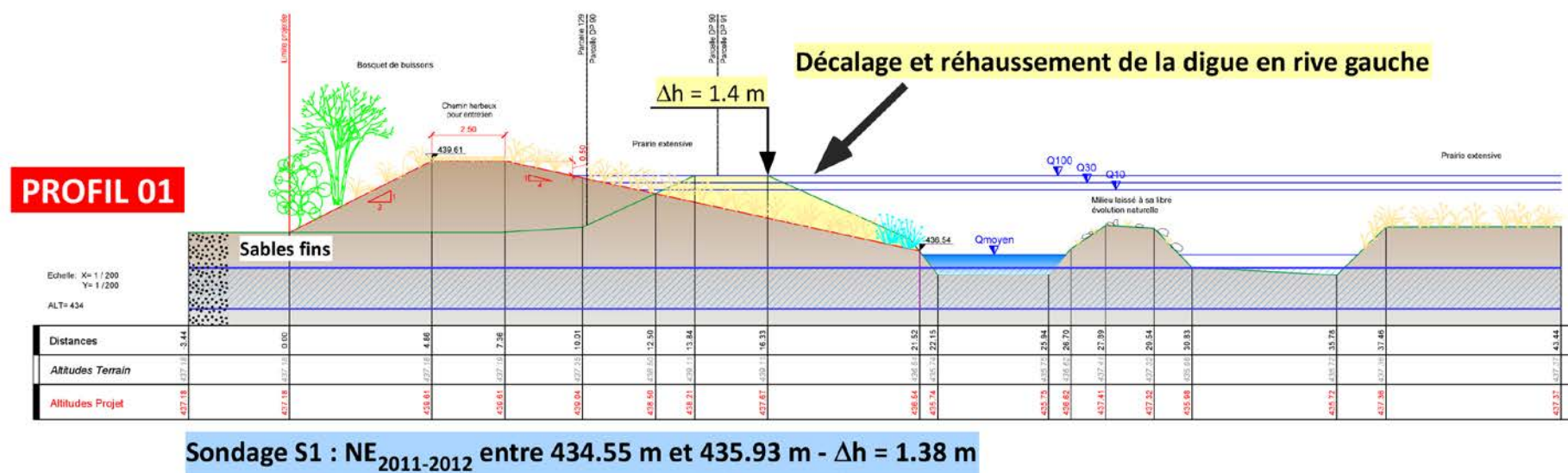


Figure 10 : Section A des travaux d'aménagement du Nozon, profil type 1 (les traits bleus correspondent à la zone de battement présumée de la surface de la nappe).

Les travaux d'excavation liés à cette portion du tronçon ne devraient pas avoir d'incidence significative sur le contexte hydrogéologique local, les digues étant en principe établies avec des matériaux plutôt fins et peu à pas perméables (argile, limon). Aucune mesure spécifique n'est prévue, si ce n'est un contrôle de la nature et de la qualité des matériaux lors des travaux. Le sondage S1 ayant montré la présence de terrains sableux fins, des mesures pourraient être demandées pour conforter si nécessaire l'étanchéité des matériaux utilisés et pour autant que ces derniers se retrouvent au niveau du Nozon

La mise en œuvre de la nouvelle digue en rive droite conduira à augmenter l'épaisseur des terrains de couverture et donc à mieux protéger les eaux souterraines.

Pour le reste de la **section A**, nous avons considéré le profil 3 pour illustrer la nature des travaux envisagée (**figure 11**). Il s'agira ici de décaler et rehausser la digue en rive gauche, pour l'établissement d'une prairie à litière, mais également de rehausser la digue en rive droite.

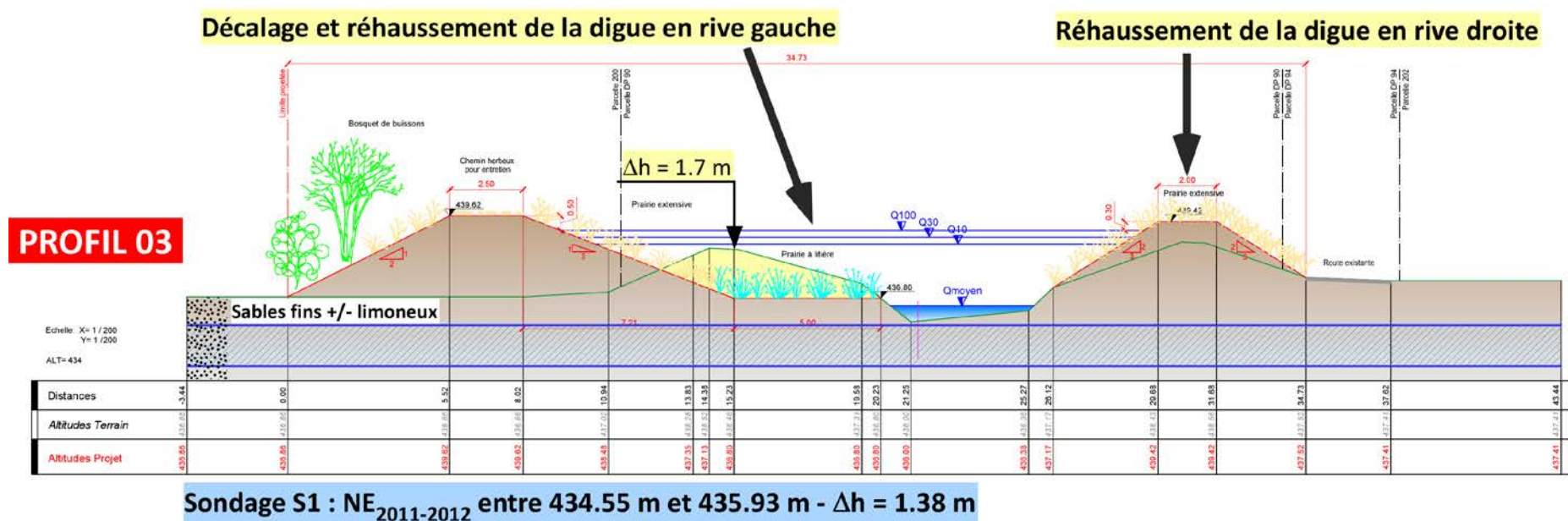


Figure 11 : Section A des travaux d'aménagement du Nozon, profil type 3 (les traits bleus correspondent à la zone de battement présumée de la surface de la nappe).

Du point de vue hydrogéologique, les observations sont globalement similaires à celles formulées pour le profil 1 et les travaux ne devraient pas porter préjudice localement aux écoulements souterrains. Les niveaux d'eau qui, selon les sondages les plus proches de la section A (S1, S2), seraient liés à des matériaux sableux et graveleux, devraient rester plus bas que la zone touchée par les terrassements.

Les données géologiques et hydrogéologiques montrent que les travaux ne devraient pas modifier les conditions hydrodynamiques locales et donc qu'aucune mesure de protection particulière ne devrait être nécessaire pour la section A du tronçon du Nozon.

4.2.2 Section B

Cette section est plus ou moins située entre les profils 7 et 9 du tronçon du Nozon concerné par les travaux d'aménagement (**annexe n° 1670-2**).

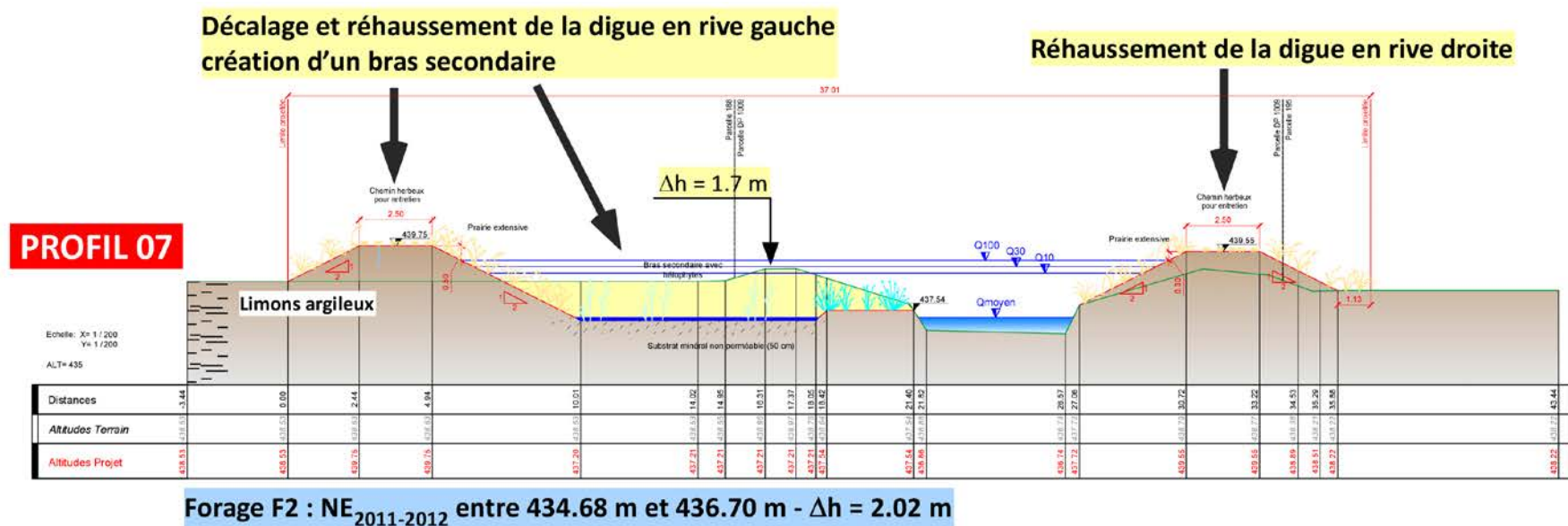


Figure 12 : Section B des travaux d'aménagement du Nozon, profil type 7 (les traits bleus correspondent à la zone de battement présumée de la surface de la nappe).

Pour le profil 7, retenus comme représentatif des travaux projetés, le déplacement et le rehaussement de la digue en rive gauche est toujours présent, mais s'accompagne d'un élargissement du cours d'eau, avec la création d'un bras secondaire sur substrat minéral non perméable de 50 cm d'épaisseur (**figure 12**).

Concernant le contexte géologique local, on peut se référer au forage F2 (**annexe n° 1670-1**), situé à environ 130 m du profil 7 et qui a recoupé environ 5 m de terrains limono-argileux (**annexe n° 1670-3.7**), avant d'atteindre des graviers aquifères. Les données de l'étude de 2012, notamment les mesures piézométriques effectuées sur le forage F2 (**annexe n° 1670-4**), ont permis de souligner un caractère légèrement artésien et des eaux présentant un caractère réduit.

Au vu des profondeurs d'intervention prévues, les travaux projetés ne devraient pas affecter l'intégrité des terrains limon-argileux et donc les écoulements souterrains, la protection vis-à-vis des infiltrations de surface restant importante.

Les données géologiques et hydrogéologiques montrent qu'aucune mesure de protection particulière ne devrait être nécessaire pour la section B du tronçon du Nozon concerné par les travaux d'aménagement.

4.2.3 Section C

Cette **section C** a été définie plus ou moins entre les profils 9 et 10.

Le profil 10 (**figure 13**), retenu pour illustrer cette section, montre que les travaux projetés sont assez similaires à ceux décrits pour la section A, soit un décalage et un rehaussement de la digue en rive gauche. La profondeur des terrassements est toutefois sensiblement plus réduite, globalement deux fois moindre entre les profils 10 et 1.

Concernant le contexte géologique local, le sondage S6 (**annexe n° 1670-1**), situé en bordure de la rive gauche du Nozon et à proximité du profil 9, a recoupé environ 5.5 m de limons sablo-argileux (**annexe n° 1670-3.4**) avant d'atteindre des graviers sablo-limoneux aquifères.

Au vu des profondeurs d'intervention prévues, les travaux projetés ne devraient pas affecter l'intégrité des limons sablo-argileux et donc les écoulements souterrains, restant environ 1 m au-dessus du niveau piézométrique le plus élevé mesuré entre 2011 et 2012.

Les mesures piézométriques effectuées sur ce forage ont permis de souligner un caractère légèrement artésien (**annexe n° 1670-4**).

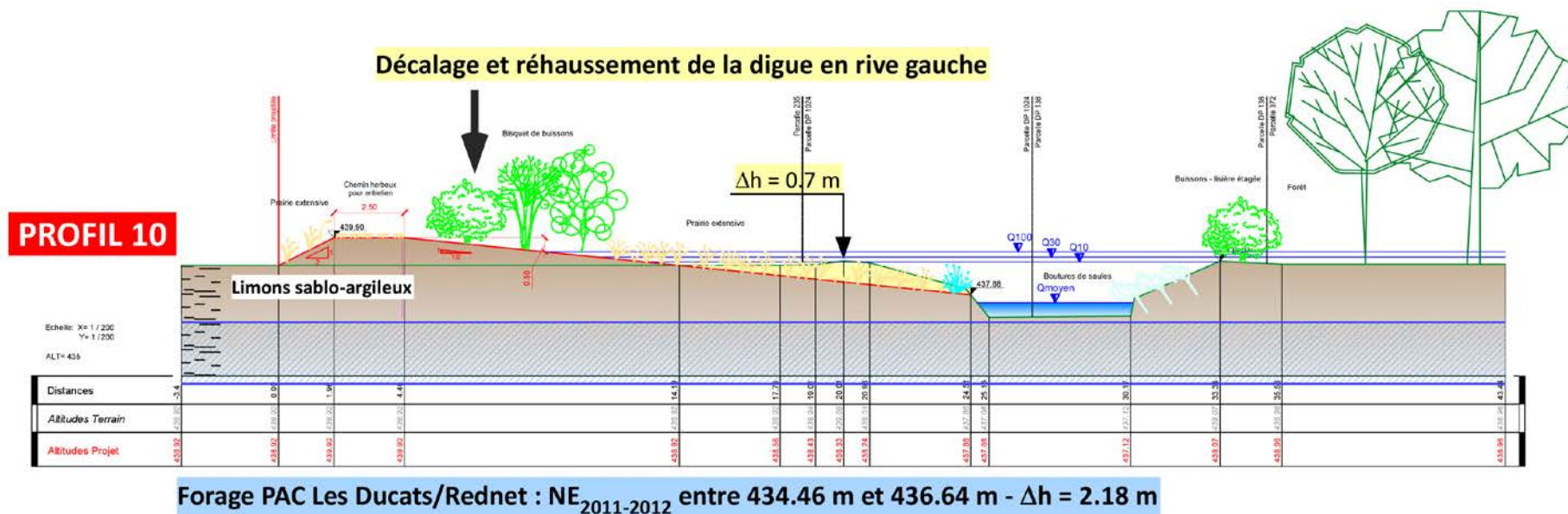


Figure 13 : Section C des travaux d'aménagement du Nozon, profil type 10 (les traits bleus correspondent à la zone de battement présumée de la surface de la nappe).

Les données géologiques et hydrogéologiques montrent qu'aucune mesure de protection particulière ne devrait être nécessaire pour la section C du tronçon du Nozon concerné par les travaux d'aménagement.

4.2.4 Section D

Pour la **section D**, qui correspond à la partie du Nozon situé globalement entre le profil 10 et la limite amont du tronçon considéré (**annexe n° 1670-1**), nous avons retenu le profil 13 comme étant le plus représentatif.

Dans cette section D, les travaux prévoient un décalage et un rehaussement de la digue en rive gauche, mais qui s'accompagne d'un élargissement du cours d'eau dès le profil 11, puis de la création d'un lit secondaire inondable (via un ouvrage technique avec vanne) aux profils 12 et 13, le profil 14 revenant à un élargissement seul. La digue de la rive droite est également réhaussée et décalée vers l'ouest (**figure 14**).

4.3 Ouvrages annexes

Ainsi que mentionné précédemment (chapitre 4.2), le projet prévoit la mise en œuvre de 4 petits massifs en béton destinés d'une part à servir d'appui à un batardeau à poser en travers du cours d'eau lors des travaux d'entretien, et d'autre part à la réfection du pont n° 1.

Selon les informations qui nous ont été communiquées, ces 2 ouvrages impliqueront la création de petites enceintes étanches de part et d'autre du Nozon.

Si les caractéristiques géométriques et notamment la profondeur des fouilles exigées ne sont pas connues au stade actuel, il apparaît comme peu probable que les terrains de couverture peu perméables soient traversés de part en part, leur épaisseur étant relativement importante.

Le suivi des travaux et le relevé géologique des fouilles permettront d'adapter, si nécessaire, les mesures de protection durant le chantier.

4.4 Exploitation de la nappe pour l'eau potable

A ce jour, la nappe du cône de l'Orbe est principalement exploitée par 2 ouvrages de pompage publics que sont le puits "La Motte" et le puits "St-Germain" (voir chapitre 3.2).

Le tronçon du Nozon qui va faire l'objet d'un aménagement se situe en bordure est de l'aquifère du cône de l'Orbe, dans une zone qui apparaît comme nettement en-dehors de la zone d'alimentation de ces 2 ouvrages (P. Blanc, 1987, 1990 et 1996). Toute interférence entre cette portion du cours d'eau et l'exploitation actuelle des ressources en eau souterraine comme eau potable est donc à écarter.

Par ailleurs, l'étude hydrogéologique générale du cône de l'Orbe (Impact-Concept SA, 2012) a conduit à cartographier toute la zone concernée par le projet d'aménagement du Nozon comme non favorable à une exploitation en tant que ressource en eau potable, notamment du fait d'une qualité insuffisante des eaux souterraines. Les analyses ont en effet relevé les caractéristiques d'une ressource anaérobie, telles manque d'oxygène, excès de fer et de manganèse.

4.5 Exploitation de la nappe pour l'arrosage

Comme précisé au chapitre 3.2 du présent rapport, un projet d'exploitation des eaux souterraines pour de l'arrosage agricole est en cours d'étude, qui prévoit 2 puits de pompage d'une capacité souhaitée de 1'000 l/min chacun, situés de part et d'autre du cours du Nozon entre les profils 6 et 9 du projet d'aménagement de ce dernier (**annexe n° 1670-2**).

La réalisation de ce projet, et donc l'exploitation des 2 puits de pompage, conduira à provoquer un rabattement de la nappe sur un périmètre dont l'extension dépendra des caractéristiques intrinsèques de l'aquifère (perméabilité, porosité, ...) et des modalités d'exploitation telles que durée et distribution des phases de pompage, concomitance de l'exploitation des 2 puits,

Toutefois, tant que ces ouvrages ne sont ni réalisés, ni testés, il est difficile de connaître l'impact qu'ils auront sur la nappe d'eau souterraine et notamment le rabattement de la surface de cette dernière, éventuellement jusque sous le cours du Nozon. Les essais hydrauliques effectués en 2011 sur les forages F1 et F2, donnent à penser que ce rabattement devrait toutefois être assez minime. En effet, ces essais avaient conduit à maintenir des débits de respectivement 460 et 310 l/min (sur des durées assez courtes), avec des rabattements de seulement 0.32 m et 0.68 m pour chacun des points considérés, soulignant une assez bonne perméabilité de l'aquifère.

En tout état de cause, la réalisation des forages d'exploitation et des piézomètres de contrôle associés aux futurs essais de pompage permettront de disposer de points de contrôle sur les 2 rives du Nozon et de contrôler la position relative de la surface de la nappe et du cours d'eau au repos et en pompage.

En tout état de cause, **les travaux d'aménagement du Nozon ne devraient pas avoir d'impact négatif sur l'exploitation de ces futurs ouvrages de pompage** que ce soit du point de vue quantitatif et/ou qualitatif. Du point de vue quantitatif une recharge de l'aquifère par le cours d'eau apparaîtrait comme plutôt favorable à son exploitation, et du point de vue qualitatif, des prélèvements sont effectués régulièrement dans les cours d'eau, dont le Nozon, pour l'arrosage agricole.

5 OBSERVATIONS - RECOMMANDATIONS

Réalisée sur la seule base des données à disposition à ce jour, cette étude hydrogéologique a permis d'identifier dans ses grandes lignes la géologie et l'hydrogéologie aux abords du tronçon du Nozon concerné par cette étude, la dissémination des quelques points de contrôle retenus (sondages, forages, ...) ne permettant d'avoir qu'une vision d'ensemble, sans détails pour la géométrie des différents corps sédimentaires identifiés.

Cette étude a également permis de confirmer que les ressources en eau souterraine sont ici liées globalement à des terrains meubles de couverture plutôt grossiers (sables et graviers), protégés naturellement par des matériaux plutôt fins. Il en découle un caractère légèrement captif, au moins localement, pour des eaux souterraines qui présentent les caractéristiques d'une ressource non utilisable pour l'alimentation en eau potable (manque d'oxygène, excès de fer et manganèse).

Les coupes hydrogéologiques estimatives (chapitre 4.2), basées sur les profil topographiques établis pour le projet, montrent que les travaux d'excavation projetés ne devraient pas conduire à traverser sans sa totalité l'épaisseur des terrains de couverture de faible perméabilité, les risques d'atteinte de la nappe devenant dès lors très réduits et ne nécessitant donc à priori pas d'adaptation particulière des travaux tels que projetés sur le cours du Nozon.

En principe, et toujours selon les coupes fournies et les quelques données partielles de piézométrie, il ne devraient pas y avoir d'affleurement de la nappe dans la zone des travaux projetés et donc de risques de désordre au droit des nouvelles digues. Les hypothèses émises quant à l'épaisseur des terrains de couverture et du niveau de la nappe devront être vérifiées lors de la réalisation des travaux.

Par ailleurs, bien que les aspects géotechniques ne relèvent pas de cette étude et n'aient donc pas été étudiés dans le cadre de ce rapport, on peut raisonnablement considérer que la modification des digues en rive droite et en rive gauche du Nozon, notamment leur surélévation, ne devrait pas induire de nouvelles contraintes (par exemple des tassements) vis-à-vis de l'hydrodynamique de la nappe. Cette évaluation s'appuie notamment sur le fait qu'aucun des sondages identifiés dans les environs du projet n'a recoupé de tourbe, matériaux particulièrement compressible et donc sujet au tassement. Cette hypothèse devra être vérifiée lors du suivi des travaux.

Du point de vue de la phase de réalisation des travaux d'aménagement du Nozon, si les risques pouvant être potentiellement identifiés sont assez réduits, ils nécessitent toutefois certaines précautions :

- sensibilisation des intervenants sur les risques liés à la réalisation de travaux dans un secteur A_u de protection des eaux,
- respect de mesures de précautions telles que l'utilisation d'huiles hydrauliques dans les machines de chantier, la mise à disposition de produits absorbants en cas de déversement accidentel d'hydrocarbures,
- parage des machines en-dehors de la zone de chantier et si possible sur une surface sécurisée,
- communication des incidents aux personnes concernées, notamment l'hydrogéologue.

L'application de ces recommandations nécessitera un suivi hydrogéologique et la synthèse des observations dans un rapport. Le suivi permettra également et si nécessaire de déterminer les mesures constructives qui pourraient s'avérer nécessaire en cours de chantier. Il pourra s'agir de conforter l'étanchéité des digues ou du radier du cours d'eau si la situation géologique locale le nécessite.

Par ailleurs et compte tenu de l'existence de plusieurs piézomètres dans l'environnement proche du Nozon, l'utilisation ces derniers devrait permettre de contrôler la position relative du niveau piézométrique de la nappe et du niveau d'eau dans le Nozon, ce dès avant les travaux et durant leur réalisation. Ces piézomètres n'ayant pas fait l'objet d'un relevé topographique précis à ce jour, cette opération devra être effectuée dès que possible. Les sondages et forages prévus pour l'exploitation des eaux souterraines à des fins d'arrosage seront intégrés au réseau de contrôle, pour autant qu'ils aient été réalisés au préalable.

6 CONCLUSIONS

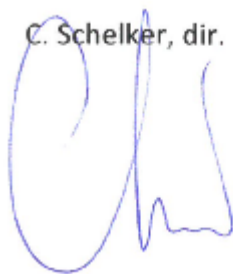
Les données recueillies et analysées dans le cadre de cette étude ont permis de souligner un contexte hydrogéologique qui peut varier selon les points considérés du tronçon du Nozon, qui se situe plus ou moins en position distale dans l'aquifère du cône de l'Orbe. Les terrains de surface devraient toutefois rester globalement assez fins et donc peu perméables, recouvrant des matériaux aquifères, siège d'une nappe pouvant être localement très légèrement captive.

Les profils types établis pour les travaux montrent ainsi que les risques d'atteinte à la nappe sont très faibles et ne nécessitent à priori pas de modifications significatives des mesures constructives prévues.

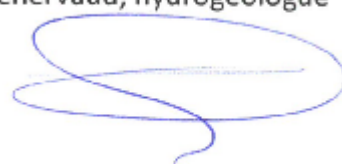
Compte tenu du manque de précision pouvant découler de la position (distance au Nozon et dispersion) des points de contrôle existants, une surveillance hydrogéologique devrait toutefois être mise en œuvre pour le contrôle des travaux effectués et l'évaluation des impacts éventuels sur les eaux souterraines en cours de chantier, qui inclura le suivi de ce dernier et des mesures piézométriques. Les mesures de protection éventuellement nécessaires pourront ainsi être définies et appliquées dans les meilleurs délais.

Impact-Concept SA

C. Schelker, dir.



L. Denervaud, hydrogéologue

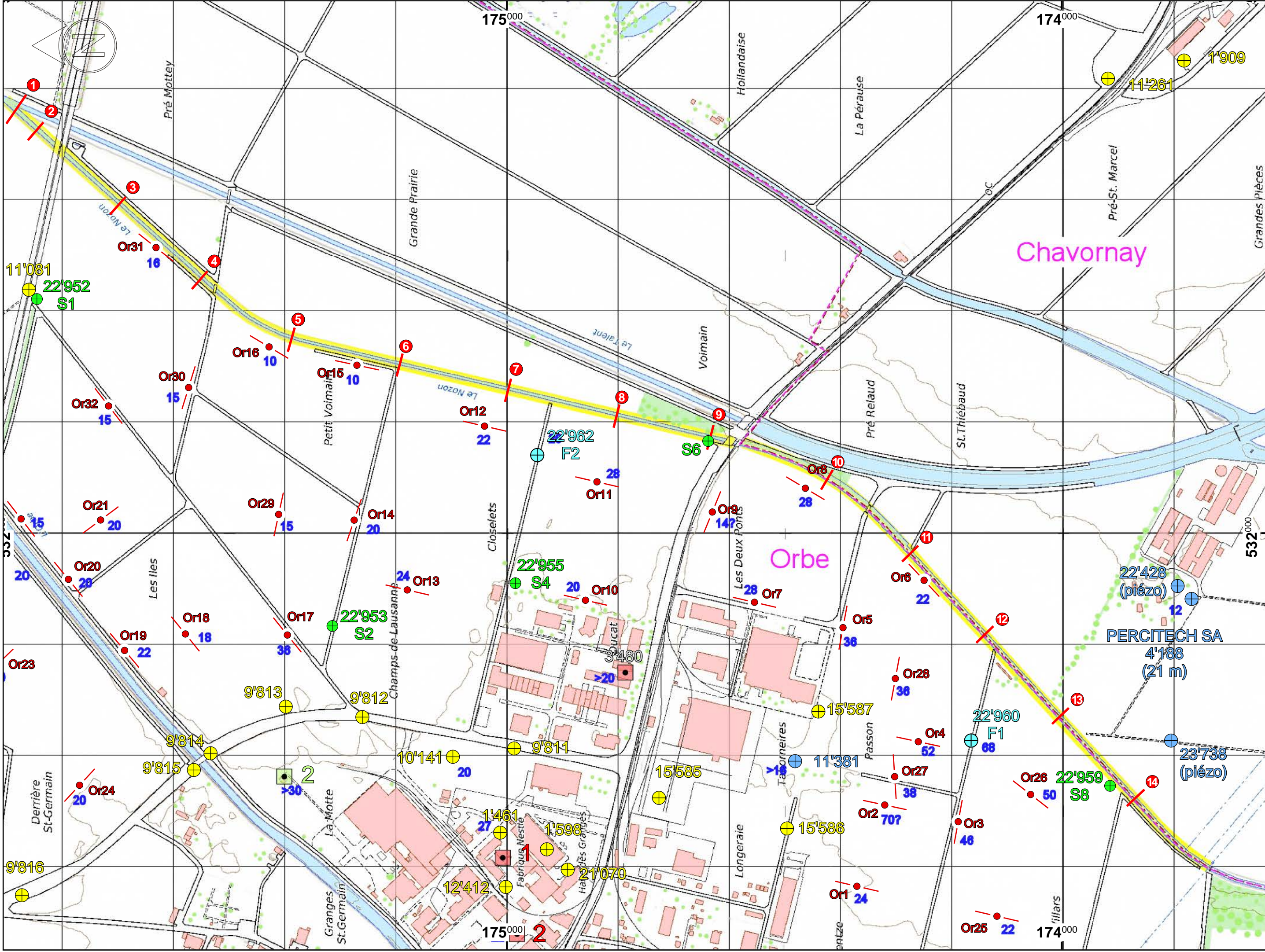


Le Mont-sur-Lausanne, le 23 janvier 2019

Réf. 1670-RA-01 / DL

ANNEXES

- 1670**
- **1** Situation (1:6'000)
 - **2** Hydrogéologie (1:6'000)
 - **3** Sondages et forages – Logs de synthèse
 - **4** Piézométrie



EFC NOZON

Commune d'Orbe

AMENAGEMENT DU NOZON
ETUDE HYDROGEOLOGIQUE

SITUATION
1 : 6'000

LEGENDE

- Puits public - En service
- Puits privé - En service
- Puits privé - Hors-service
- N° de référence du cadastre cantonal des sources (CCS)
- Forage du cadastre géologique
- Géotechnique-Hydrogéologie-Hydrocarbures-Géothermie
- N° de référence du cadastre géologique
- Forage de reconnaissance réalisé en 2011 - Référence
- Sondage à la tarière réalisé en 2011 - Référence
- Sondage électriques réalisés en 2011 (Géophysique) - Référence
- Profondeur de la base des graviers (m)
- Tronçon du Nozon concerné par les travaux
- Profil topographique des travaux projetés
- Limite de commune

IMPACT – CONCEPT SA ENVIRONNEMENT GÉOLOGIE EAU ENERGIE	Annexe 1670-1	Date 23.01.19	Dessin DL	Visa CS
	Format 61x29.7 cm			

EFC NOZON

Commune d'Orbe

AMENAGEMENT DU NOZON
ETUDE HYDROGEOLOGIQUE

HYDROGEOLOGIE
1 : 6'000

LEGENDE

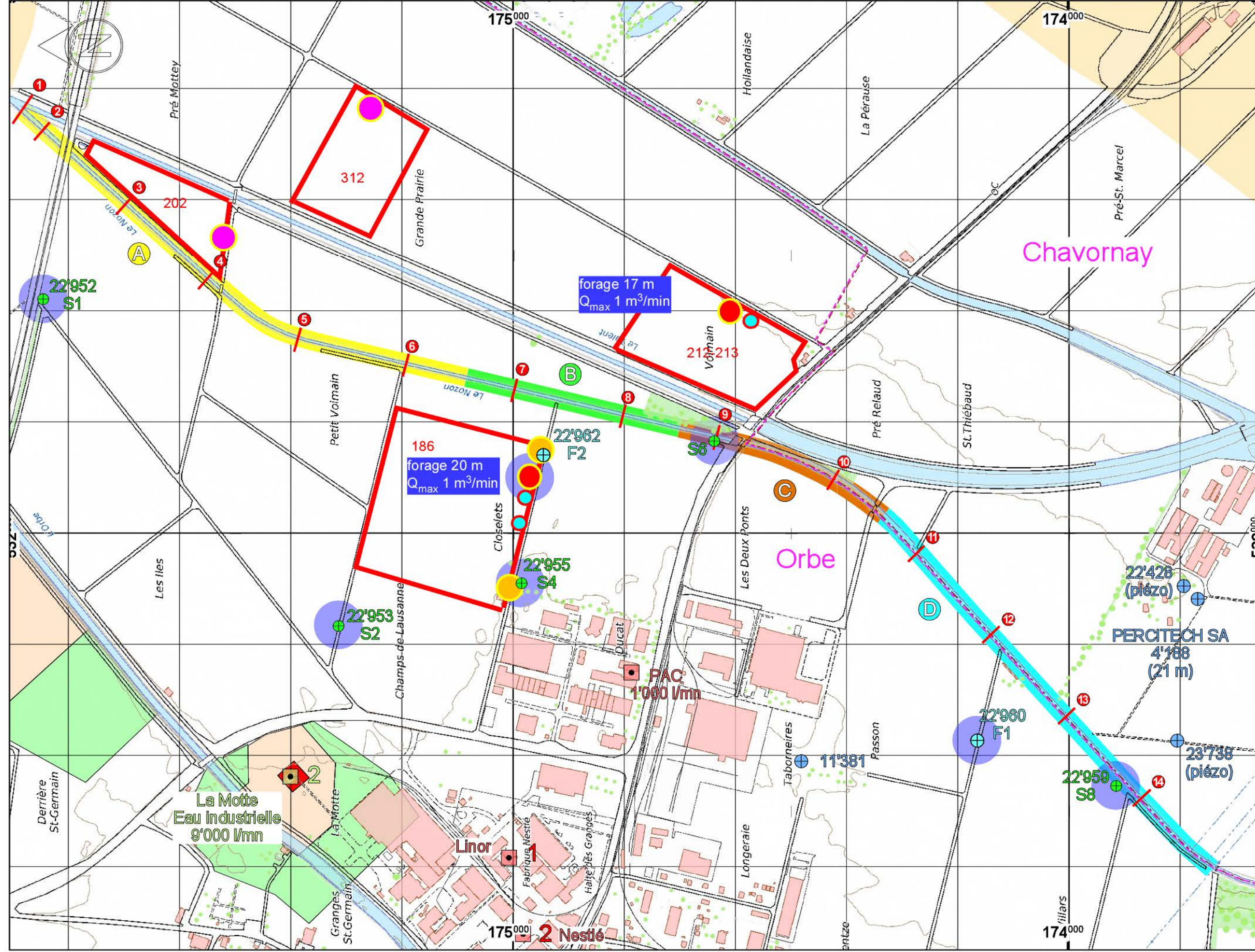
- 4 Puits public - En service
- 10 Puits privé - En service
- 9 Puits privé hors-service
- N° de référence du cadastre cantonal des sources (CCS)
- 35 Forage du cadastre géologique - Référence
- F2 Forage de reconnaissance réalisé en 2011 - Référence
- S6 Sondage à la tarière réalisé en 2011 - Référence
- Piézomètre fonctionnel en janvier 2019
- Projet de pompage pour de l'eau d'arrosage (De Cérenville, 2018)
 - forage prévu
 - forage éventuel
 - piézomètre existant
 - piézomètre prévu
- B Sectorisation des travaux en fonction des profils types
- 11 Profils topographiques des travaux projetés
- Limite de commune

IMPACT - CONCEPT SA
ENVIRONNEMENT GÉOLOGIE EAU ENERGIE

Annexe 1670-2

Format 61x29.7 cm

Date	Dessin	Visa
23.01.19	DL	CS



Grand-Mont 33, CP 53
1052 Le Mont-sur-Lausanne
Tél. +41 21 653 64 45
Fax. +41 21 653 21 28

Champ Blanchon 51
1422 Grandson
Tél. +41 24 445 64 45

admin@impact-concept.ch
www.impact-concept.ch
CHE-101.408.373 TVA

Chantier: Etude hydrogéologique du cône de l'Orbe	No sondage: S1
Client: commune d'Orbe	Echelle du sondage : 1/100
Foreur: Aba-Geol SA	Géologue: L. Denervaud
Coord.: 532'420 / 175'855	Cote: env. 439 m
Procédé de perf.: tarière à moteur (Sedidrill)	Date d'achèvement: 13.04.11

Echelle	Profondeur depuis la surface	Formation	Stratigraphie	Description stratigraphique	Echantillons	Niveau d'eau	Diamètre du forage	Equipement
1	0.5	QUATERNAIRE - Alluvions de plaine		Terre végétale.		2.03 23.03.11	3	
	1.0			Tourbe.				
2				Sables fins, saturés en eau.				
3								
4								
5	4.5			Limons graveleux				
6								
7							6	
8	7.0			Fin du forage			Ø 63 mm	Tube acier Ø 3/4 pouces
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								

Grand-Mont 33, CP 53
1052 Le Mont-sur-Lausanne
 Tél. +41 21 653 64 45
 Fax. +41 21 653 21 28

Champ Blanchon 51
1422 Grandson
Tél. +41 24 445 64 45

admin@impact-concept.ch
www.impact-concept.ch
CHE-101.408.373 TVA

Chantier: Etude hydrogéologique du cône de l'Orbe	No sondage: S2
Client: commune d'Orbe	Echelle du sondage : 1/100
Foreur: Aba-Geol SA	Géologue: L. Denervaud
Coord.: 531'823 / 175'316	Cote: 439 m
Procédé de perf.: tarière à moteur (Sedidrill)	Date d'achèvement: 11.03.11

[illegible]

Grand-Mont 33, CP 53
1052 Le Mont-sur-Lausanne
Tél. +41 21 653 64 45
Fax. +41 21 653 21 28

Champ Blanchon 51
1422 Grandson
Tél. +41 24 445 64 45

admin@impact-concept.ch
www.impact-concept.ch
CHE-101.408.373 TVA

Chantier: Etude hydrogéologique du cône de l'Orbe	No sondage: S4
Client: commune d'Orbe	Echelle du sondage : 1/100
Foreur: Aba-Geol SA	Géologue: L. Denervaud
Coord.: 531'896 / 174'995	Cote: 439 m
Procédé de perf.: tarière à moteur (Sedidrill)	Date d'achèvement: 11.03.11

Echelle	Profondeur depuis la surface	Formation	Stratigraphie	Description stratigraphique	Echantillons	Niveau d'eau	Diamètre du forage	Equipement
1	0.5	QUATERNAIRE - Alluvions fluvioglaciaires		Terre végétale.				
2				Graviers légèrement sableux, assez propres				
3								
4							3	
5								
6						5.10		
7						23.03.11	6	
8								
9								
10							Ø 63 mm	Tube acier Ø 3/4 pouces
	10.0							
11				Fin du forage				
12								
13								
14								
15								
16								

Grand-Mont 33, CP 53
1052 Le Mont-sur-Lausanne
Tél. +41 21 653 64 45
Fax. +41 21 653 21 28

Champ Blanchon 51
1422 Grandson
Tél. +41 24 445 64 45

admin@impact-concept.ch
www.impact-concept.ch
CHE-101.408.373 TVA

Chantier: Etude hydrogéologique du cône de l'Orbe	No sondage: S6
Client: commune d'Orbe	Echelle du sondage : 1/100
Foreur: Aba-Geol SA	Géologue: L. Denervaud
Coord.: 532'165 / 174'630	Cote: 439 m
Procédé de perf.: tarière à moteur (Sedidrill)	Date d'achèvement: 11.03.11

Echelle	Profondeur depuis la surface	Formation	Stratigraphie	Description stratigraphique	Echantillons	Niveau d'eau	Diamètre du forage	Equipement
1	0.5	QUATERNAIRE - Alluvions de plaine		Terre végétale.	<div></div>	<div><div>4.02</div><div>23.03.11</div></div>	3	
2				Limons sablo-argileux, beiges. Quelques traces de matière organique.				
3								
4								
5								
6	5.5			Graviers sablo-limoneux				
7								
8	7.0			Fin du forage	<div></div>		Ø 63 mm	Tube acier Ø 3/4 pouces
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								

Grand-Mont 33, CP 53
1052 Le Mont-sur-Lausanne
Tél. +41 21 653 64 45
Fax. +41 21 653 21 28

Champ Blanchon 51
1422 Grandson
Tél. +41 24 445 64 45

admin@impact-concept.ch
www.impact-concept.ch
CHE-101.408.373 TVA

Chantier: Etude hydrogéologique du cône de l'Orbe	No sondage: S8
Client: commune d'Orbe	Echelle du sondage : 1/100
Foreur: Aba-Geol SA	Géologue: L. Denervaud
Coord.: 531'540 / 173'900	Cote: env. 439 m
Procédé de perf.: tarière à moteur (Sedidrill)	Date d'achèvement: 11.03.11

Echelle	Profondeur depuis la surface	Formation	Stratigraphie	Description stratigraphique	Echantillons	Niveau d'eau	Diamètre du forage	Equipement
1	0.5	QUATERNAIRE - Alluvions de plaine		Terre végétale.				
2				Limons argileux, légèrement sableux.				
3						2.75		
4						23.03.11	3	
5	4.5			Limons argileux, gris, plastiques.				
6	5.0			Graviers sableux			6	
7								
8	7.0			Fin du forage				
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								

--

Grand-Mont 33, CP 53
1052 Le Mont-sur-Lausanne
Tél. +41 21 653 64 45
Fax. +41 21 653 21 28

Champ Blanchon 51
1422 Grandson
Tél. +41 24 445 64 45

admin@impact-concept.ch
www.impact-concept.ch
CHE-101.408.373 TVA

Chantier: Etude hydrogéologique du cône de l'Orbe	No sondage: F1
Client: commune d'Orbe	Echelle du sondage : 1/500
Foreur: Augsburgers forages	Géologue: L. Denervaud
Coord.: 531'615 / 174'168	Cote: 439 m
Procédé de perf.: carottage	Date d'achèvement: 20.04.11

Echelle	Profondeur depuis la surface	Formation	Stratigraphie	Description stratigraphique	Echantillons	Niveau d'eau	Diamètre du forage	Equipement
5	0.7 1.1 1.7 3.4 5.9	ALLUVIONS FLUVIOGLACIAIRES		Tout-venant (assise du chemin).			1.5 6.0	
				Limons argileux.				
				Sables limoneux.				
				Graviers sableux avec qq. cailloux. Eléments d'origine jurassienne (calcaires clairs).				
10				Graviers grossiers, légèrement sableux, avec qq. cailloux. Eléments d'origine jurassienne (calcaires clairs).				
				Graviers moyens à grossiers, avec cailloux bien arrondis (calcaires clairs et calcaires siliceux noirs), de taille pluricentimétrique à décimétrique.				
15								
20								
	19.5 20.3			Graviers moyens, matrice sablo-limoneuse.				
				Graviers sableux.				
25	22.1	ALLUVIONS LACUSTRES ?		Graviers sableux, quelques cailloux arrondis, de taille pluricentimétrique à décimétrique (calcaires clairs et quelques éléments alpins).			65.5	
	25.8 26.6			Graviers sableux (éléments alpins dominants).				
30				Graviers grossiers sableux, nombreux cailloux arrondis de taille pluricentimétrique à décimétrique (éléments alpins dominants et calcaires).				
35								
40								
	39.9			Graviers sableux.				
45	41.5 43.8			Graviers sableux et cailloux arrondis, taille pluricentimétrique à décimétrique, prédominance d'éléments calcaires.				
				Graviers sableux.				
50	48.5			Sable moyen graveleux, légèrement limoneux.				
55	51.3			Graviers sableux, légèrement limoneux par passées.				
60								
65								
70	68.0			Sable limoneux, qq. graviers.				
75	71.5			Fin du forage.				
80								

Niveau d'eau assez stable durant le forage, aux environs de 3.80 m. Bouchon d'argile de 1.5 à 3.5 m de profondeur

	F1	F2	S1	S2	S4	S6	S8	PAC Les Ducats/Rednet
Cote tube								
Cote sol	439.00	439.20	437.00	439.60	440.00	439.50	438.40	440.20
Cote fond								
Haut. tube	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Prof./tube								
Prof./sol								
23.03.2011			2.03	4.39	5.10	4.02	2.75	
25.05.2011								
14.06.2011	4.15	4.52	2.45	4.89	5.35	4.51	2.47	5.74
27.07.2011	3.47	4.03	2.19	4.42	5.01	3.80	1.63	5.21
31.08.2011	3.50	3.99	2.14	4.38	4.94	3.90	1.82	5.16
04.10.2011	3.86	4.28	2.27	4.64	5.19	4.26	2.95	5.36
09.11.2011	4.04	4.44	2.40	4.80	5.32	4.45	2.49	5.52
14.12.2011	3.63	4.02	2.04	4.38	4.98	3.72	1.82	5.13
13.01.2012	2.05	2.50	1.07	2.86	3.45	2.43	1.31	3.56
10.02.2012	2.45	2.92	1.39	3.31	3.86	2.78	1.56	3.99
15.03.2012	3.03	3.58	1.72	3.87	4.45	3.47	1.65	4.57
13.04.2012	3.04	3.47	1.65	3.84	4.43	3.45	1.58	4.53
09.05.2012	2.69	3.23	1.54	3.61	4.18	3.20	1.75	4.29
Min	2.05	2.50	1.07	2.86	3.45	2.43	1.31	3.56
Max	4.15	4.52	2.45	4.89	5.35	4.51	2.95	5.74
Ecart	2.10	2.02	1.38	2.03	1.90	2.08	1.64	2.18
n	11	11	12	12	12	12	12	11
23.03.2011			434.97	435.21	434.90	435.48	435.65	
25.05.2011								
14.06.2011	434.85	434.68	434.55	434.71	434.65	434.99	435.93	434.46
27.07.2011	435.53	435.17	434.81	435.18	434.99	435.70	436.77	434.99
31.08.2011	435.50	435.21	434.86	435.22	435.06	435.60	436.58	435.04
04.10.2011	435.14	434.92	434.73	434.96	434.81	435.24	435.45	434.84
09.11.2011	434.96	434.76	434.60	434.80	434.68	435.05	435.91	434.68
14.12.2011	435.37	435.18	434.96	435.22	435.02	435.78	436.58	435.07
13.01.2012	436.95	436.70	435.93	436.74	436.55	437.07	437.09	436.64
10.02.2012	436.55	436.28	435.61	436.29	436.14	436.72	436.84	436.21
15.03.2012	435.97	435.62	435.28	435.73	435.55	436.03	436.75	435.63
13.04.2012	435.96	435.73	435.35	435.76	435.57	436.05	436.82	435.67
09.05.2012	436.31	435.97	435.46	435.99	435.82	436.30	436.65	435.91
Min	434.85	434.68	434.55	434.71	434.65	434.99	435.45	434.46
Max	436.95	436.70	435.93	436.74	436.55	437.07	437.09	436.64